

(51) Int.Cl.<sup>9</sup> 識別記号

H 0 4 N 5/225

G 0 2 B 17/08

H 0 4 N 5/335

F I

H 0 4 N 5/225

G 0 2 B 17/08

H 0 4 N 5/335

D

Z

V

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平10-316184

(22) 出願日 平成10年(1998)11月6日

(31) 優先権主張番号 特願平10-53029

(32) 優先日 平10(1998)3月5日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 西岡 公彦

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(72) 発明者 和田 順雄

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

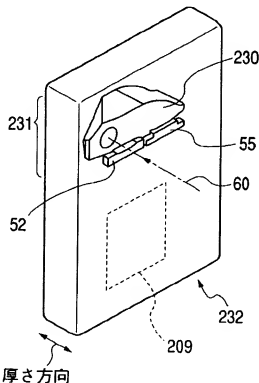
(74) 代理人 弁理士 篠原 泰司 (外1名)

## (54) 【発明の名称】 光学装置

## (57) 【要約】

【課題】 撮像素子、光学素子などの部品をリソグラフィ等の手法を用いて一体化することで、小型化、低コスト化しうる、デジタルカメラ、電子内視鏡、PDA（携帯情報端末）、テレビ電話、VTRカメラ、テレビカメラ等の電子撮像系、電子表示系等又はそれらの一部を構成する板状ユニット等の光学装置を提供する。

【解決手段】 自由曲面プリズム230を組合せ撮像ユニット231を用いてデジタルカメラ232を構成している。自由曲面プリズム230は、自由曲面プリズム230に入射する物体からの光60と自由曲面プリズム230を出射して固体撮像素子55に入射する光線とが振れの関係になるように形成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 撮像または観察方向と、撮像素子または眼に入射する光線とが振じれの関係にある光学装置。

【請求項2】 自由曲面プリズムに入射する光線と、自由曲面プリズムを射出する光線とが振じれの関係にある自由曲面プリズムを備えた光学装置。

【請求項3】 製作プロセスにリソグラフィープロセスを含む、光学素子とアクチュエーターとからなる可動光学素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光学装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来のデジタルカメラ170は、図22に示すように、CCD55、レンズ171、絞り173、シャッター174、レンズフォーカシング用ソレノイド175等をそれぞれ別体の部品として集めてこれらを組立てることにより作られていた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 そのため、部品点数が多くなり、組立ても面倒で、製品の小型化、高精度化、コストダウンに限界があった。そこで本発明は、撮像素子、光学素子などの部品をリソグラフィー等の手法を用いて一体化することで、小型化、低コスト化しうる、デジタルカメラ、電子内視鏡、PDA（携帯情報端末）、テレビ電話、VTRカメラ、テレビカメラ等の電子撮像系、電子表示系等又はそれらの一部を構成する板状ユニット等の光学装置の提供を課題とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、本発明による光学装置は、撮像または観察方向と、撮像素子または眼に入射する光線とが振じれの関係にある。

【0005】 また、本発明による光学装置は、自由曲面プリズムに入射する光線と、自由曲面プリズムを射出する光線とが振じれの関係にある自由曲面プリズムを備えている。

【0006】 また、本発明による光学装置は、製作プロセスにリソグラフィープロセスを含む、光学素子とアクチュエーターとからなる可動光学素子を有している。

## 【0007】

【発明の実施の形態】 以下、本発明による光学装置の実施形態を図面を用いて説明する。

【0008】 図1は、本発明の第1実施形態を示す図である。本実施形態の光学装置は、レンズ181、182、183、プリズム184、ミラー185等を用いた電子撮像ユニット180として構成されている。なお、図中52はアルミコーティングされた薄膜53と電極54から成る反射鏡、55は固体撮像素子、56は基板、

57は電源、58はスイッチ、59は可変抵抗器である。

【0009】 反射鏡52は、例えば、オプティクスコミュニケーションズ（Optics Communications）、140巻（1997年）187ないし190頁に示されているメンブレインミラーのように、薄膜53と電極54の間に電圧を印加すると静電気力により薄膜53が変形してその焦点距離が変化するようにしており、これによりピント調整ができるようになっている。本実施形態の撮像装置では、物体からの光60は、光学素子としてのレンズ181、182、プリズム184のそれぞれの入射面および出射面で屈折され、反射鏡52によりビント調整ができるようになっている。ミラー185の反射面で反射され、レンズ183で屈折されてから固体撮像素子55に入射するようになっている。

【0010】 このよう、本実施形態の光学装置は、光学素子181、182、184、185、183および反射鏡52とで撮像光学系を構成している。そして、本実施形態の構成では、特に、各光学素子の面と肉厚を最適化することにより物体像の収差を最小にすることができるようになっている。

【0011】 図1の光学装置において、反射鏡52の形状は、非点収差等を補正するためにY軸方向に長い楕円形にするのがよく、具体的には、反射鏡52への入射光と反射鏡52からの出射光を含む平面と反射鏡52とが交わる方向に沿って長い楕円形にするのがよい。また、図1の光学装置では、反射鏡52と固体撮像素子55とをそれぞれ別体で作って基板56上に配置している。しかし、反射鏡52はシリコンリソグラフィープロセス等で作ることのできる、基板56をシリコンで形成し、固体撮像素子55と共にリソグラフィープロセスで反射鏡52の少なくとも一部を基板56上に形成してもよい。

【0012】 これにより、固体撮像素子55と共に光学素子の一つである反射鏡52とが一体化されるので、小型化、低コスト化等が有利である。また反射鏡52は固定焦点のミラーとして構成しても良い。この場合でも反射鏡52はリソグラフィープロセスで作ることができる。なお、反射鏡52、固体撮像素子55、基板56を合わせて板状ユニット186と呼ぶことにする。板状ユニットは光学装置の一例である。

【0013】 又、図示を省略するが、基板56上に表示素子の一つである反射型液晶ディスプレイ又は透過型液晶ディスプレイ等の表示素子をリソグラフィープロセスにより一体的に形成してもよい。なお、この基板56は、ガラスあるいは石英等の透明物質で形成してもよい。その場合は、このガラス基板上に薄膜トランジスタ等の技術を用いて固体撮像素子や液晶ディスプレイを形成すればよい。あるいは、これらの表示素子を別体で作し、基板56上に配置してもよい。

【0014】光学素子181, 182, 184, 185, 183は、プラスチックモールドやガラスモールド等で形成することにより任意の所望形状の曲面を容易に形成することができ、製作も簡単である。なお、本実施形態の撮像装置では、レンズ181のみがプリズム184から離れて形成されているが、レンズ181を設けることなく収差を除去することができるように光学素子182, 183, 184, 185, 52を設計すれば、反射鏡52を除く光学素子は一つの光学ブロックとなり組立てが容易となる。

【0015】図2は、本発明の第2実施形態を示す図である。本実施形態の撮像装置では、一つのシリコン基板187の上に反射鏡52、マイクロマシン技術で作られた静電気力で動くマイクロシャッター188、撮像素子55等は、リソグラフィープロセスで作られている。そして、このシリコン基板187とモールドで作った自由曲面プリズム189とを組み合わせれば、光学装置として小型のデジタルカメラ用撮像ユニット180が出来上がる。なお、マイクロシャッター188は、絞りを兼ねることもできるようになっている。

【0016】自由曲面プリズム189は、プラスチックモールドで作ると安価にできる。また、自由曲面プリズム189をエネルギー硬化性樹脂で作れば、熱可塑性樹脂で作るよりも耐久性があるので好ましい。また、自由曲面プリズム189を赤外光を吸収する性質の材質を用いて構成して、赤外カットフィルター効果を持たせてもよい。あるいは、自由曲面プリズム189の光路中のいづれかの面に赤外光を反射する干渉膜を設けて、赤外光をカットするようにしてもよい。ミラー190は、シリコン基板187を凹面に加工し、アルミコートすることによって形成されている。マイクロシャッター188は、例えば、特開平10-39239号の図8、図9に示されているようなシャッターを改良したものを用いることができる。

【0017】図3は図2の光学装置を上から見た、マイクロシャッター188付近の拡大図である。マイクロシャッター188は、固定電極191と遮光板192のそれぞれに設けられた電極193に電位差を与えることによって、静電気力で二つの遮光板192を左右に開いたり閉じたりすることができるようになっている。ここで、二つの遮光板192のそれぞれに、他方の遮光板192に近い側の中央に三角形の凹部を設け、かつ二枚の

$$P < 3\lambda$$

を満たすようになっている。ここで、 $\lambda$ は光の波長である。式(1)を満たすとき、ツイストネマチック液晶257は入射光の偏光方向によらず屈折率がほぼ等方的になるので、偏光板を設けることなくボケのない可変焦点

$$P < 1.5\lambda$$

であっても実用上は使用できる場合もある。

【0020】図6は、本発明の第3実施形態を示す図で

遮光板192を段違いに設置して、遮光板192を途中まで開いた状態で撮像を行えば絞りとして動作し、遮光板192を完全に閉じればシャッターとなるようになっている。電源196は+の極性を変えることができるようになっており、それに伴い、二つの遮光板192は逆方向に動くようになっている。また、二つの遮光板192は、完全に閉じた時には図2に示すように多少重なるように設計されている。マイクロシャッター188は、リソグラフィープロセスで反射鏡52、固体撮像素子55と共に一緒に作ることができるというメリットがある。なお、マイクロシャッター188としては、上記以外にも、特開平10-39239号の図47に示すようなマイクロシャッターを用いてもよい。あるいは、本実施形態の撮像装置に用いるシャッターとして、通常のフィルムカメラのシャッターのように、パネで動作するシャッターを製作して、これをシリコン基板187に設置してもよい。

【0018】また、本実施形態の撮像装置を、例えば、図2に示すように、別途に絞り197を設けた構成としてもよい。絞り197としては、フィルムカメラのレンズに用いるような虹彩絞りでもよく、または、図4に示すような複数の穴あき板をスライドさせるような構成のものでもよい。あるいは、絞りの開口面積の変わらない固定絞りであってもよい。また、絞りとしては、マイクロシャッター188を絞りとしてのみ動作させ、シャッター機能については、固体撮像素子55の素子シャッターを用いて果たすようにしてもよい。また、本実施形態の撮像装置を、電極54、ミラー190、マイクロシャッター188、撮像素子55の少なくとも一つを別部品として作り、残りの部材と共に一つの基板上に配置した構成としてもよい。なお、本実施形態の撮像装置を、図5に示すように、光学特性可変光学素子の一つである反射鏡52の別の一例として、液晶可変焦点レンズをミラーの前面に配置した液晶可変ミラー252等を配設した構成としてもよい。

【0019】図5は、液晶可変ミラー252を用いた撮像装置の一例(撮像装置253)を示す図である。液晶可変ミラー252は、透明電極254とフレネルレンズ状の基板255の表面にコートされた電極256との間にツイストネマチック液晶257を配置した構成となっている。ツイストネマチック液晶257のらせんピッチPは、

$$\dots (1)$$

ミラーが得られる。なお、低コストのデジタルカメラなどでは、ツイストネマチック液晶257のらせんピッチPが、

$$\dots (2)$$

ある。本実施形態の光学装置204は、透明基板198に反射型LCD199、反射鏡52、固体撮像素子55

を設け、かつ光学ブロックである自由曲面プリズム189を組合せた構成となっている。透明基板198には、光学素子であるレンズ200、ローパスフィルター201、IC203も合わせて設けられており、これらにより透明な板状ユニット202を形成している。IC203は、反射型LCD199、反射鏡52、固体撮像素子55等をドライブするIC、あるいは制御、演算を行なうCPU、メモリー等の機能をもつLSIである。固体撮像素子55、反射鏡52、反射型LCD199、IC203を、それぞれ別途に製作して、透明基板198に貼りつけてもよいが、透明基板198の表面にアモルファスシリコン、低温ポリシリコン、連続粒界結晶シリコン(98、1、14付朝日新聞)等を材料として薄膜トランジスタ技術を用いて形成すれば、小型化、軽量化、高精度化の面で有利である。

【0021】図7は、本実施形態の光学装置204に用いるローパスフィルター201の斜視図である。ローパスフィルター201は、窪み分割型のローパスフィルターであり、掘り入れ関係にある二つの平面より構成されている。なお、このローパスフィルター201も光学素子の一つである。その他、本実施形態において透明基板198は、ガラス又は樹脂のモールドで作るのが良い。

【0022】本実施形態の光学装置204は、光を反射、屈折する面を自由曲面プリズム189、透明な板状ユニット202の両方に設けることができる点で、収差の補正がしやすく、図2に示す実施形態の撮像ユニット180よりすぐれている。なお、レンズ等の光学素子は、例えばレンズ200bのように、透明部材の表面に曲面状の樹脂薄膜205を貼りつけて作ってもよい。このような方法を薄膜レンズ技術という。

【0023】図8は、本発明の第4実施形態を示す図である。本実施形態の光学装置207は、透明な板状ユニット202と板状ユニット186とを組合せることにより構成されている。なお、透明基板198とは別体にレンズ208を設けると、収差補正の自由度がふえるので、収差補正上有利であるが、レンズ208は設けなくてもよい。透明な板状ユニット202には、ディスプレイ209、IC203が設けられ、さらに薄膜レンズ技術により製作したレンズ210、211が設けられている。なお、レンズ212は、透明基板198を製作する際にモールドの技術で透明基板198に一体形成されている。板状ユニット186は、図2に示す実施形態の板状ユニット186と同様に構成されている。斜線部214は、遮光を除くための黒い遮光用の膜であり、Cr-CrO<sub>2</sub>-Crの三層蒸着、黒い塗料の塗装、あるいは印刷等で作られている。なお、斜線部214は、必要に応じて、透明基板198の表面、側面、内部に設けられ、設けなくてもよい場合もある。

【0024】ディスプレイ209の一例である液晶ディスプレイは薄膜トランジスタ技術でガラス等の透明基

板上に作ることができるが、固体撮像素子55等はシリコン基板上でないと作りにくい。本実施形態の光学装置207は、固体撮像素子55、ディスプレイ209を設けるべき基板を分けて構成したので、同一の基板上に作るよりもコストが安くなる。なお、本実施形態の光学装置207の透明基板198あるいはレンズ211の材質に赤外光吸収効果を持たせて、赤外カットフィルターの役割を持たせるようにしてもよい。あるいは、薄膜53又はレンズ212又は透明基板198等の表面に赤外カット機能を有する干渉膜を設けてもよい。さらに、本実施形態の光学装置207は、固体撮像素子55を取り除き、光学系にたとえばオプティカルガラスのような観察機能を持たせた表示装置として構成されてもよい。

【0025】図9は、本発明の第5実施形態を示す図である。本実施形態の光学装置246は、板状ユニット245と自由曲面プリズム189とを組合せることにより構成されている。板状ユニット245は、一つの基板240の上に、低品質のシリコン等からなる基板241に反射鏡52とミラー190とマイクロシャッター188を形成した板状ユニット243と、高品質のシリコンからなる基板242に基板240とIC203を形成した板状ユニット244とを配設して構成されている。固体撮像素子55、IC203等は高品質のシリコン上でないとして形成し、ミラー190、マイクロシャッター188、反射鏡52等は低品質のシリコンでもよい。本実施形態の光学装置246によれば、光学ユニットである板状ユニット243、244を品質の異なる別個の基板に形成したので、その分、高品質のシリコンの使用量を減らすことができ、コスト上有利である。自由曲面プリズム189には、足247、248が設けられており、足247、248は、板状ユニット245と一体化する時、各面間の光学的長さを所望の設計値通りに調整できるようにしている。

【0026】図10は、本発明の第6実施形態を示す図である。本実施形態の光学装置は、自由曲面プリズム189に板状ユニット243と固体撮像素子55とを組合せてデジタルカメラ用撮像装置を構成している。本実施形態の光学装置によれば、固体撮像素子55を低品質のシリコン等からなる基板244から分離して構成したので、固体撮像素子55として市販のCCD等を使うことができ、コストを低減することができる。なお、図示していないが、本実施形態の光学装置にさらに別に液晶ディスプレイ等を設けて、デジタルカメラのファインダーとして用いるとよい。

【0027】また、本実施形態において反射鏡52とミラー190とマイクロシャッター188とを一枚の基板上に配置するかわりに、図11に示すように、それぞれ別個に自由曲面プリズム189の周囲に配置してもよい。この場合、反射鏡52、ミラー190、マイクロシャッター188等の光学部品を別個に作ることができる。

ので、それらの部品を他製品の部品と共通化することが可能になる。また、それぞれの光学部品の歩留り（製作時の合格率）が悪い場合でも、良い部品だけを集めて製品を作ることができるので、それぞれの光学部品を一枚の基板上に作る場合と比べて製品としての歩留りを向上させることができる。

【0028】また、図10に示すように、固体撮像素子55の前面に透過率可変素子の一つである液晶シャッター249を配置しても良い。この場合、マイクロシャッター188は絞りとして動作させてもよいし、液晶シャッター249と合わせてシャッターとして動作させてもよい。あるいは、マイクロシャッター188を省いて、液晶シャッター249と固体撮像素子55の素子シャッター機能とでシャッターの動作をさせてもよい。なお、液晶シャッター249には機械的可動部が無いので、マイクロシャッター188を省いた構成とすれば、機械的な構造を簡素化できる。

【0029】図12は、本発明の第7実施形態を示す図である。本実施形態の光学装置217は、可動光学素子の一例である足付きレンズ216を設けた構成となっている。なお、光学装置217は、足付きレンズ216の他に、透明基板198に、固体撮像素子55、自由曲面プリズム189を組合せた構成と下にある。足付きレンズ216は、レンズ218の下にフリースペースオブティックス(M. C. Wu, L. -Y. Lin, S-S. Lee, K. S. J. Pister 著 Sensors and Actuators A50 (1995) 127-134等を参照)のマイクロマシン技術等で作った足219が付いて構成されている足219は、後述の図17に示す電極193bに相当する、静電気力でスライドする電極219b（図13）に接続されており、電極219bがスライドすることにより、図13に示す角 $\theta$ が変化するように作られている。足219との交点 $P_1$ 、 $P_2$ は、角 $\theta$ が変化するとき、透明基板198の表面上を動くようになっている。そして足付きレンズ216は、足219の角 $\theta$ を変えてレンズ218と透明基板198との距離Zを変えることでピント調整ができるようになっている。なお、図12に示す透明基板198と自由曲面プリズム189の間には、物体からの光60が点Aにおいて全反射するように、わずかに空気間隔が設けられている。また、図13は、本実施形態の変形例として足付きレンズ216と透明基板198と固体撮像素子55とを組合せてなるシンプルな構成の撮像装置の一例を示す図である。

【0030】図14は、本発明の第8実施形態を示す図である。本実施形態の光学装置は、観察装置の一例として、デジタルカメラのファインダーを構成している。本実施形態の光学装置は、図12、図13に示す足付きレンズ216のレンズ218をミラー218Bでおきかえた足付きミラー216Bを備えた構成となっている。なお、本実施形態の光学装置は、足付きミラー216Bの

他に、透明基板198とレンズ211とからなる板状ユニット186と、自由曲面プリズム189を備えている。本実施形態の光学装置は、足219をスライドさせてミラー218Bと透明基板198との距離Zを変えることで視度調整を行なうことができるようになっている。

【0031】図12、図13に示す足付きレンズ216は、可動光学素子の一つである可動レンズの一例として用いたものである。可動レンズの他の例としては、静電レンズがある。図15は、本発明の実施形態に用いる可動レンズの他の例を示す静電レンズの構成概要図である。静電レンズ220は、レンズ218、電極221、222、ダンパー223などを備えた構成となっている。この静電レンズ220は、電極221と電極222との間に電圧を掛けることにより、静電気力でレンズ218と透明基板198との間の距離を変えてピント合わせ、ズミング等に用いることができるようになっている。なおダンパー223は、レンズ218を保持し、かつレンズ218が移動するときの衝撃を緩和するようにしている。なお、レンズ218を図16に示すようなミラー225におきかえて可動ミラー226とし、これを本発明の実施形態に用いる可動光学素子としてもよい。

【0032】図16は、本発明の第9実施形態を示す図である。本実施形態の光学装置228は、光学特性可変光学素子の一つである反射鏡52、可動光学素子の一つである可動ミラー226、可動光学素子の一つである可動レンズの一例である自走レンズ227を備えた構成となっている。また、光学装置228は、その他にシリコン基板187と自由曲面プリズム189を備えている。そして光学装置228は、反射鏡52の焦点距離、自走レンズ227、ミラー225の位置を変えることによってZOOMとフォーカスとを行うことができるようになっている。なお、本実施形態に用いる自由曲面プリズム189を、赤外光を吸収する材料を用いて赤外カソード効果を持たせるようにしてもよい。自走レンズ227は、図17に示すように、電極193a、193bと、電極193bに固定されたレンズ218とを備えて構成されており、くし状の二つの電極193a、193bの間に電位差を与えて静電気力で電極193bに固定されたレンズ218を動かすことができるようになっている。

【0033】ところで、近年、デジタルカメラの小型化が望まれており、特に、薄いカード型のデジタルカメラは携帯性に優れ便利である。しかし、図22に示すような従来の光学系と電気系を組合せた撮像装置では小型化に限界があった。そこで、本発明では、薄いカード型デジタルカメラ等に用いる撮像装置、光学装置を提供することもできるようにしている。

【0034】図18は、本発明の第10実施形態を示す図である。本実施形態の光学装置は、板状ユニットに光

学ブロックの一つである自由曲面プリズム230を組合せた撮像ユニット231を用いてデジタルカメラ232を構成している。デジタルカメラ232には、その他に、例えば液晶ディスプレイなどのディスプレイ209が設けられている。そして、本実施形態のデジタルカメラ232は、撮像ユニット231がデジタルカメラ232の厚さ方向と平行な方向に位置する物体を撮像することができるようになっている。図19、図20は、自由曲面プリズム230の形状を詳しく示した図で、図19は自由曲面プリズム230を上からみた図、図20は自由曲面プリズム230を物体側からみた図である。自由曲面プリズム230は、物体からの光60を反射面R1によって反射し、XY平面内で、且つ、反射鏡52に向かう方向に向きを変え、反射鏡52により反射された後に、反射面R2で反射されて固体撮像素子55と結像することができるように形成されている。このように物体から自由曲面プリズム230に入射する入射光60と自由曲面プリズム230を射出して固体撮像素子55に入射する光線mとが擬じたい関係になるように自由曲面プリズム230の形を作れば、デジタルカメラ232の厚さを固体撮像素子55の巾Wと同程度に薄型化することができる。なお、自由曲面プリズム230のかわりに、固体撮像素子55に入射する光線mと物体からの入射光60とが擬じたい関係になるように、通常用いるレンズ、プリズム、図2に示す光学ブロック189のような自由曲面プリズム等の光学素子を配置して光学系を形成してもよい。また、自由曲面プリズム230の光路中の面に、赤外光をカットする干渉膜233を設けて赤外光をカットするようにしてもよい。

【0035】図21は本発明の第1実施形態を示す図である。本実施形態の光学装置は、図18に示すデジタルカメラとは別の一例で、図2に示す小型のデジタルカメラ用撮像ユニット180を用いてデジタルカメラ234を構成している。そして、本実施形態のデジタルカメラ234は、小型のデジタルカメラ用撮像ユニット180がデジタルカメラ234の厚さ方向と直交方向の物体が撮像できるようになっている。本実施形態のデジタルカメラ234によれば、小型のデジタルカメラ用撮像ユニット180が、物体からの入射光60とデジタルカメラ234の厚さ方向とが直交するように配置されているので、デジタルカメラ234の厚さを薄くすることができる。なお、デジタルカメラの撮像系には、図18、図21に示す撮像ユニットの他に、本発明の板状ユニット、装置のいづれを用いてもよい。また、本発明の板状ユニット、装置は、デジタルカメラ以外、例えばPDAの光学系、撮像装置に用いてもよい。

【0036】ところで、近年、電子カメラ、ビデオカメラ等の電子撮像装置が増えてきている。それらは図33に示すように、固体撮像素子1にレンズ系2を組み合わせたものがほとんどであった。しかしながら、上記のもの

は構造が複雑なため、部品点数が多く、組み立ても面倒で、小型化、コストダウンに限界があった。そこで、本発明では小型でコストの安い電子撮像装置を提供することもできるようにしている。

【0037】上記目的を達成する本発明の光学装置は、一枚の透明基板の表面に少なくとも撮像素子と光学素子とを設け、それ自体で、あるいは別部品を追加することにより撮像機能を有するようになっている。

【0038】図23は、本発明の第12実施形態を示す図である。第12実施形態の光学装置は、ガラス、結晶、プラスチック等からなる一枚の透明基板3の両面に、光学素子である自由曲面4、6、回折光学素子（以下、DOEという）5を形成し、さらにシリコン薄膜技術等を用いて固体撮像素子1を形成したものである。これを板状撮像ユニット7と呼ぶ。自由曲面とは、非回転対称面で構成される面であり、さらに、対称面を一面のみ有するもしくは対称面を有しない曲面である。自由曲面は、屈折作用、反射作用のいずれにも用いられる。本実施形態では、図示しない物体からの光7'は自由曲面4で屈折され、オフアクシス型DOE5で偏向、反射され、自由曲面6で反射し、固体撮像素子1上に結像する。自由曲面4、6、DOE5で収差の補正がなされているので、固体撮像素子1には通常のレンズ系で結像したのと同様の良好な画像が形成される。自由曲面4、6はモールド等の方法で、またDOE5はモールドあるいはリソグラフィ等の方法で、固体撮像素子1と同時に形成してもよい。固体撮像素子1は透明基板3の上に直接リソグラフィの手法で形成してもよいが、それが難しい場合には固体撮像素子1を別個に製作しておきあとで透明基板3と一体化してもよい。あるいは、図示していないが、板状撮像ユニット7の外部にレンズ等の部品を追加し、それらと板状撮像ユニット7とで撮像機能を有するように構成してもよい。

【0039】図24は、本発明の第13実施形態を示す図である。第13実施形態の光学装置は、第12実施形態における撮像ユニット7を、TFT液晶ディスプレイ8、周辺回路のIC9、マイクロプロセッサ10と一緒に透明基板3の上に形成した、携帯情報端末装置用のユニットである。撮像ユニット7にはさらに、メモリ、電話等の機能をもつIC（LSI）を一緒に形成してもよい。また、透明基板3には電子撮像装置のファインダー11も形成してある。これは、透明基板3上に視野枠を設けただけの簡単なものでもよいし、図25に示すように透明基板3の両面に凹レンズ12、凸レンズ13を設け、ガリレオ望遠鏡型のファインダーとしたものなどでもよい。あるいは、凹レンズ12、凸レンズ13の少なくとも一方を透明基板3の外部に設け、透明基板3上のレンズと合わせてファインダーとしてもよい。

【0040】図26は、本発明の第14実施形態を示す図である。第14実施形態の光学装置は、焦点調整の可

能な板状撮像ユニットである。板状撮像ユニット14で焦点調節をおこなう場合、図23に示したDOE5、自由曲面6等の位置を機械的に動かすことは不可能である。そこで、本実施形態の板状撮像ユニット14では、焦点距離が可変の光学素子15を用いている。図27は光学素子15の一例を示し、高分子分散液晶16を用いた可変焦点DOE17である。透明基板18の少なくとも一方の面に光の波長程度の溝が形成されており、透過電極19に電圧を加えると液晶分子20の方向は図28に示すように揃うので、高分子分散液晶16の屈折率は下がる。一方、電圧を加えなければ液晶分子20の方向はランダムなので高分子分散液晶16の屈折率は上がる。したがって、可変焦点DOE17は電圧のON、OFFで焦点距離を切り替えることができる。高分子分散液晶16は、液晶分子20に対する重量比をある程度以上（たとえば25%以上）に大きくすればほぼ固体になるで、高分子分散液晶16の右側には基板を設けなくてもよい。また、図29に示すように高分子分散液晶16の右側の面および透明基板18の左側の面を曲面21にして、レンズ作用、収差補正に用いてもよい。図27および図29に示した例では、ともに、透明基板18の右側の面をDOE面ではなくフレネル面としてもよい。このときDOE17は可変焦点フレネルレンズとして作用する。さらに、図54に示すように、透明基板18の右側の面を通常のレンズのような曲面としてもよい。

【0041】また、上述した透明基板3、18には赤外カットフィルタの効果をもたせてもよい。図30は、本発明の第15実施形態を示す図である。第15実施形態の光学装置は、反射型の可変焦点フレネルミラー22を用いた板状撮像ユニットである。可変焦点フレネルミラー22は、図31に示すように反射面23が設けられて

$$NA \geq \theta_L$$

を満たすことが必要であった。しかし、NAを大きくするとつれてライトガイドのガラスが黄色に着色し、色再現の低下、伝送光量の低下を生ずる欠点があった。

【0044】以下、上記の従来技術の問題点を解決し得る光源光学系について説明する。第1の例は、図36に示すように、DCCレンズ34を配設し、ランプ33からの光束のうち中心と周辺とをDCCレンズ34の側面34'での全反射により反転させ、集光レンズ35に入射させるものである。なおDCCレンズ34とは、K.Kono et al.:Opt. Rev. 4(1997)423.に説明があるとおり、両端が円錐形にへこみ側面が光を反射する円筒状の光学素子であり、入射光を側面34'にて全反射させるかあるいは側面に金属膜を付けて反射させ、入射光束のうち中心の光線aと周辺の光線bとを反転し、集光レンズ35の周辺に光線aが、集光レンズ35の中心に光線bが入射するようにする。このようにすると、 $\theta$ と $l$ と

$$t = \{1 - \cot \alpha \cdot \cot (\alpha + \phi)\} \cdot h / \cot (\alpha + \phi) \quad \dots (4)$$

$$\sin \phi = \cos \alpha / n \quad \dots (5)$$

おり、電圧の可変をスイッチ24の開閉または可変抵抗25でおこなうことによってフレネル面26の屈折力が変わるので可変焦点のフレネルミラーとして動作する。フレネル面26の代わりにDOEとしてもよい。

【0042】なお、上記の実施形態における可変焦点DOE17、フレネルミラー22は、板状撮像ユニット7に用いるのみならず、図32に示すように通常の撮像装置あるいは厚さの異なる光ディスク用の可変焦点レンズ、電子内視鏡、TVカメラ、フィルムカメラ等に用いてもよい。また、用いる液晶としてはトラン系の液晶たとえば大日本インキDON-605:N-1(日化協月報1997年2月号p.14~p.18)等を用いると光学的異方性が大きく( $\Delta n = 0.283$ ;  $\Delta n$ は光学的異方性を表し、屈折率楕円体の主軸の長さの差である)、液晶の粘性が低く、高速の焦点距離の切り換えができる。次に、電子撮像系のひとつである電子内視鏡あるいはファイバースコープ、硬性鏡等の内視鏡あるいは工業用検査装置に用いられるライトガイド用の光源光学系について述べる。

【0043】従来技術では図34に示すように、ライトガイド31の手前に非球面レンズ32があり、ランプ33からの光をライトガイド31の端面に集めるようになっている。ランプ33はランプ以外の光源たとえば半導体レーザー等でもよい。ライトガイド31の入射面の法線に対して入射光がなす角を $\theta$ とし、入射光強度を $I$ とすると、 $\theta$ と $I$ の関係は図35に示すようになる。 $I$ の値は $\theta$ に対してほぼ一定値を保っており $\theta_L$ のところで光線がなくなるので0になる。入射光束の立体角を考えれば入射光エネルギーが最大となるのは $\theta = \theta_L$ の近傍である。したがってライトガイド31は入射角 $\theta_L$ の光を伝達できるように、

$$\dots (3)$$

の関係は図37に示すように、中心では高く(理論的には無限大)周辺では低く(理論的には0)になるので、NAの小さいライトガイドでも大量の光量を伝送でき、前述の問題点が解消する。なお、DCCレンズ34はガラス、プラスチック、ゴム等の透明物質の成形あるいは研削で作ることができる。図36に示した形状のDCC34が加工しにくい場合は、図38に示すように、二つの部材36、37に分割して作ってもよく、とくに同形の二つの部材に分割して作れば型が共有できコスト的に有利である。

【0045】DCCレンズの設計例を以下に示す。図39に示すように、DCCレンズ34の中心厚を $t$ 、屈折率を $n$ 、入射光束高(=射出光束高)を $h$ 、DCCレンズの頂角の $1/2$ を $\alpha$ 、 $\phi$ を下式(5)で定義すると、

の関係がある。ここで、 $n=1.53$ 、 $h=12.7\text{mm}$ 、 $\alpha=45^\circ$  とすると、 $\phi=27.527^\circ$ 、 $t=27.645\text{mm}$ となるが、DCCレンズ34の直径Dを、

$$t' = (D/2 - h) \cdot \tan(90^\circ - \alpha - \phi) \quad \dots (6)$$

したがって、 $t=28.369\text{mm}$ とするのがよい。—

$$D \leq 3h + 5$$

を満足させるのがよい。したがってtは、下記条件

(8)を満たすように決めるのがよい。

$$0.6 \times \{ (1 - \cot \alpha \cdot \cot(\alpha + \phi)) / \cot(\alpha + \phi) \} \times h \leq t \leq \{ (1 - \cot \alpha \cdot \cot(\alpha + \phi)) / \cot(\alpha + \phi) \} \times h + 5(D/2 - h) \cdot \cot(\alpha + \phi) \quad \dots (8)$$

条件(8)の下限を下回ると光源中心付近の光束のケラレが生じ損であり、上限を上回ると光源周辺の光束のケラレが生じ損である。以上のように、DCCレンズの中心厚は上記条件(5)、(8)を満たすように決める。なお、図38に示したようにDCCレンズ34を二つに分割して製作した場合でも、その中心厚tとして36と37のそれぞれの中心厚の和をとれば上記条件(5)、(7)、(8)を適用できる。また、図40に示すようにランプ33の中心部のフィルムが原因でランプ33からの射出光束の中心部が黒く抜けてしま

$$1/f \leq (n-1)/R$$

を満たすようにRを決めればよい。本実施形態においても部材36、38を一体とする形状にしてもよい。また、同様にランプ33からの射出光束が平行光束でない場合は部材36の入射面36'の断面形状を曲面にして、部材36内を通る光束が平行光束になるようにしてもよい。上記の他、部材36の射出面、部材38の入射面をそれぞれ曲面とすることも可能である。

【0049】以上に説明した光源光学系によれば、NAが比較的小さく着色の少ないライトガイドでも大量の光量を伝送できる。次に、微小レンズを基板上に整列させる方法について述べる。

【0050】内視鏡などに用いられるライトガイド用の光源装置において、一般的には図42に示すように、ライトガイド104の端面に凹レンズ100を配置する光学系が知られている。また、ライトガイド光学系を大きくするとなく配光特性を向上させる方法として、従来技術では図43に示すように、球状レンズ101を基板102上に2次元的にアレイ状に並べた球状レンズアレイ103をライトガイド104の端面に設ける方法が考えられている。良好な配光特性を得るには、図44に示すように、球状レンズ101が稠密に並んでいることが望ましい。しかしここで用いられる球状レンズは数 $\mu\text{m}$ 程度であり、このような微粒子を稠密に整列させる手段として重力を利用する方法が考えられるが、直径1 $\mu\text{m}$ ～数十 $\mu\text{m}$ 程度の微粒子を重力を用いて2次元に規則正しく整列させるのは極めて困難である。また、工業的に量産を考えると、短時間で比較的面積の大きな基板上に形成させる必要が生ずる。

やや余裕をみて30mmとすると、tは下記式(6)のt'ほど大きくする必要がある。

【0046】

$$t' = (D/2 - h) \cdot \tan(90^\circ - \alpha - \phi) \quad \dots (6)$$

方、Dを2hより大きくしすぎるとコスト的に不利で、

$$\dots (7)$$

【0047】

場合がある。つまり、直径dの斜線部の光エネルギーがないのである。しかし、この場合もDCCレンズ34によって射出光束の黒い抜けをなくすることができる。

【0048】第2の例は、図41に示すように、DCCレンズを二つに分割した一方の部材38を凸レンズ作用をもつ曲面としたものである。この場合は集光レンズを省略できるのでコスト低減ができるメリットがある。部材38の断面の凸カーブ38'の半径をR、省略する集光レンズの焦点距離をf、部材38の屈折率をnとすると、

$$\dots (9)$$

【0051】以下、上記の従来技術の問題点を解決し得る方法について説明する。球状部材を分散させた液体中に基板を入れ、基板を液体から引き上げる際、境界付近では液体の表面張力と液体の蒸発に伴う流れが発生し微粒子が基板上に結晶状に整列する、自己集積現象が知られている(K.Nagayama ed.: "Protein Array - An Alternative Biomolecular System", Adv. Biophys.(Tokyo) 34(1997), Japan Scientific Soc. Press)。第1の例は、微小レンズを基板上に整列させる手段としてこの自己集積現象を利用するものである。図45に示すように、微小球状レンズ101を分散させた液体105の中に、基板102となる部材を浸し、基板102を垂直または水平に引き上げ液体を蒸発させることによって、微小球状レンズ101を基板102上に稠密に整列させ、球状レンズアレイを製作することができる。

【0052】第2の例は、図46に示すように、基板102上に球状レンズ101を分布させ、基板102を振動させることにより、球状レンズ101を基板102上に整列させることができる。

【0053】以上に説明した方法により整列させた球状レンズを接着剤等で固定すれば、規則正しく並んだ球状レンズアレイを容易に製作できる。特に、比較的大面積の基板でも容易に製作でき工業的にもメリットがある。

【0054】また、図47に示すように球状レンズアレイ103を2層にすると、さらに配光特性が向上する。図48は、光源装置の配光特性すなわち射出光の角度 $\theta$ に対する強度Iの分布を示す。実線はライトガイド10

4の端面に凹レンズを配置した場合、破線は上記第1、第2の例の単層レンズアレイを配置した場合、一点鎖線は図47に示した2層レンズアレイを配置した場合を示し、2層レンズアレイを配置した場合は配光特性が向上している。

【0055】また、本手法で製作された球状レンズアレイは、図49に示すように、液晶表示素子のバックライトの集光にも適用できる。本図において、バックライト109からの光束は球状レンズアレイ103を透過し液晶表示素子110を照明する。これによってバックライト109からの光を効率よく集光でき、明るい液晶表示素子を実現できる。

【0056】さらに、図50に示すように、CCDなどの撮像素子111の直前に本手法で製作した球状レンズアレイ103を設けることによって、撮像素子の開口効率が大幅に向上する。

【0057】なお、基板上に整列した微小粒子を固定する方法としては、図51に示すように、接着剤113の使用が考えられるが、粘性の高い接着剤を使用すると整列した粒子の配列が乱れるおそれがある。また、接着剤自体の化学的变化により、透過率が低下するおそれがある。特に医療用内視鏡の場合、高温での滅菌作業が不可欠なので接着剤を用いない方法が望ましい。そこで、図52に示すように、もう1枚の基材112を用いて挟み、両端を封止する方法が考えられる。さらに、図53に示すように、基板または球状レンズを加熱することにより溶かし、互いに固定させることもできる。

【0058】以上に説明した方法によれば、微小な球状レンズを基板上に容易に稠密に並べることができ、内視鏡先端部の小型化、液晶表示素子の明るいバックライト、固体撮像素子の集光効率の向上等を実現することができる。

【0059】以上説明したように、本発明による光学装置、撮像装置、表示装置、結像装置等は、以下の付記に示す特徴を備えていることが好ましい。

#### 付記

【0060】1. 一枚の基板に少なくとも光学素子、シャッター、絞り、表示素子のうちの一つ以上と撮像素子とを配設した光学装置。

【0061】2. 一枚の基板に光学素子、シャッター、絞り、表示素子、撮像素子等のうちの二つ以上を配設した光学装置。

【0062】3. 一枚の基板に光学素子、シャッター、絞り等のうちの二つ以上を配設した光学装置。

【0063】4. 一枚の基板に、少なくとも撮像素子、光学素子、シャッター、絞りのうちの一つ以上と表示素子とを配設した光学装置。

【0064】5. 前記光学素子が、光学特性可変光学素子であることを特徴とする付記1ないし付記4のいずれかに記載の光学装置。

【0065】6. 前記光学特性可変光学素子が、可変焦点光学素子であることを特徴とする付記5に記載の光学装置。

【0066】7. 前記光学特性可変光学素子が、可変焦点ミラーであることを特徴とする付記5に記載の光学装置。

【0067】8. 前記光学素子が、可動光学素子であることを特徴とする付記1ないし付記4のいずれかに記載の光学装置。

【0068】9. 前記光学素子が、薄膜レンズ技術を用いて作られたことを特徴とする付記1ないし付記4のいずれかに記載の光学装置。

【0069】10. 前記光学素子が、ミラーであることを特徴とする付記1ないし付記4のいずれかに記載の光学装置。

【0070】11. 前記光学素子が、赤外光カット機能を有することを特徴とする付記1ないし付記4のいずれかに記載の光学装置。

【0071】12. シリコン基板上に形成したことを特徴とする付記1ないし付記11のいずれかに記載の光学装置。

【0072】13. 前記基板が透明であることを特徴とする付記1ないし付記11のいずれかに記載の光学装置。

【0073】14. 前記基板が赤外光除去機能を有することを特徴とする付記13に記載の光学装置。

【0074】15. 前記基板の少なくとも一部が不透明であることを特徴とする付記1ないし付記14のいずれかに記載の光学装置。

【0075】16. 前記光学装置を製作するのにリソグラフィプロセスを用いる付記1ないし付記15のいずれかに記載の光学装置。

【0076】17. 各種ICまたはLSIを含む付記1ないし付記16のいずれかに記載の光学装置。

【0077】18. 光学ブロックと前記光学装置とを備えた付記1ないし付記17のいずれかに記載の装置。

【0078】19. 光学素子と光学ブロックと前記光学装置とを備えた付記1ないし付記18のいずれかに記載の装置。

【0079】20. 前記光学ブロックが赤外光カット機能を有する付記18または付記19に記載の装置。

【0080】21. 付記1ないし付記11、付記17のいずれかに記載の光学装置と付記13ないし付記15のいずれかに記載の透明な光学装置を組み合わせた装置。

【0081】22. 光学素子、シャッター、絞り、表示素子、撮像素子の一つ以上と光学ブロックとを備えた光学装置。

【0082】23. 光学素子、シャッター、絞り、表示

素子、撮像素子の二つ以上と光学ブロックとを備えた光学装置。

【0083】24. 光学ブロックの複数の面に対向して光学素子、シャッター、絞り、表示素子、撮像素子のうち二つ以上を配置した光学装置。

【0084】25. 光学特性可変光学素子または可動光学素子を少なくとも一つ含み、ZOOMを行う付記項1ないし付記項17のいずれかに記載の光学装置または付記項18ないし付記項21のいずれかに記載の装置を含む光学装置。

【0085】26. 付記項1ないし付記項25のいずれかに記載の装置を備えた撮像装置。

【0086】27. 付記項1ないし付記項25のいずれかに記載の装置を備えた結像装置。

【0087】28. 撮像または観察方向と、撮像素子または眼に入射する光線とが捩じりの関係にある光学装置を用いた撮像装置。

【0088】29. 撮像または観察方向と、撮像素子または眼に入射する光線とが捩じりの関係にある、付記項1ないし付記項17のいずれかに記載の光学装置または付記項18ないし付記項25のいずれかに記載の装置を含む光学装置。

【0089】30. 付記項1ないし付記項17のいずれかに記載の光学装置または付記項18ないし付記項25のいずれかに記載の装置を含む、請求項2に記載の光学装置。

【0090】31. 撮像または観察方向が厚さ方向とほぼ直角であることを特徴とする付記項1ないし付記項17のいずれかに記載の光学装置または付記項18ないし付記項25のいずれかに記載の装置または付記項30に記載の光学装置を含む撮像装置。

【0091】32. 撮像または観察方向が厚さ方向とほぼ平行であることを特徴とする付記項1ないし付記項17のいずれかに記載の光学装置または付記項18ないし付記項25、請求項1、請求項2のいずれかに記載の装置を含む撮像装置。

【0092】33. 請求項3に記載の足つき光学素子。

【0093】34. 請求項3に記載の静電光学素子。

【0094】35. 請求項3に記載の自走光学素子。

【0095】36. フォーカスまたはズームを行う請求項3に記載の可動光学素子を備えた光学装置。

【0096】37. 静電気力又は電磁力によって駆動されるリソグラフィプロセスを含む加工法で製作された絞り。

【0097】38. 静電気力又は電磁力によって駆動されるリソグラフィプロセスを含む加工法で製作されたシャッター。

【0098】39. 静電気力又は電磁力によって駆動されるリソグラフィプロセスを含む加工法で製作された絞りと兼用のシャッター。

【0099】40. 固体撮像素子の素子シャッター機能を用いる撮像装置。

【0100】41. 透過率可変素子を備えた付記項40に記載の撮像装置。

【0101】42. 請求項1ないし請求項3、付記項1ないし付記項37、付記項40に記載の撮像装置。

【0102】43. 基板が不透明である。(遮光効果があり、フレア、ゴーストを抑制できる。)

【0103】44. 基板が、光路上は透明であり、光路外の少なくとも一部に遮光手段を設けている。(基板を介して光学系を構成できるため薄型化できる。且つフレア、ゴーストを抑えられる。)

【0104】45. 基板の一方の面に光学素子と撮像素子を並列させて配置した。

【0105】46. 基板の一方の面に光学素子と表示素子を並列させて配置した。

【0106】47. 基板の一方の面に複数の光学手段を並列させて配置した。(光学系、装置全体を薄型化できる。)

【0107】48. 基板が透明であり、一部に内面反射面を有する。(基板中で光路を折り返せるので、光学系全体の薄型化がはかれる。)

【0108】49. 光学素子と撮像素子とが互いに偏心している。

【0109】50. 基板が透明のほぼ平行平板であり、且つ面の一部が曲面にて構成された光学面である。

【0110】51. 主光線または光軸が屈曲している。

【0111】52. 一枚の基板上に光学素子、シャッター、絞り、表示素子、撮像素子のうち複数を非共軸に配置した光学装置。

【0112】53. 一枚の基板上に光学素子、シャッター、絞り、表示素子の少なくともいずれかの素子と、前記素子とは非共軸の撮像素子とを配置した光学装置。

【0113】54. 光学特性可変光学素子を基板上に配すると共に、上記基板上に更に、表示素子、撮像素子、他の光学素子のうち何れかを配置した光学装置。

【0114】55. 可動光学素子を基板上に配すると共に、上記基板上に更に、表示素子、撮像素子、他の光学素子のうち何れかを配置した光学装置。

【0115】56. 反射面を有する基板上に更に、表示素子、撮像素子、他の光学素子のうち何れかを配置した光学装置。

【0116】57. 赤外カットフィルターを有する基板上に更に、表示素子、撮像素子、他の光学素子のうち何れかを配置した光学装置。

【0117】58. 一枚の透明基板の表面に少なくとも撮像素子と光学素子とを設け、撮像機能を有することを特徴とする基板撮像ユニット。

【0118】59. 一枚の透明基板の表面に、撮像素子と、少なくとも回折光学素子と曲面レンズと自由曲面の

うちの一つ以上とを配設し、撮像機能を有することを特徴とする板状撮像ユニット。

【0119】60. 一枚の透明基板の表面に、ファインダーと撮像素子と、少なくとも回折光学素子と曲面レンズと自由曲面のうちの一つ以上とを配設し、撮像機能を有することを特徴とする板状撮像ユニット。

【0120】61. 一枚の透明基板の表面に、撮像素子と表示装置と、少なくとも回折光学素子と曲面レンズと自由曲面とファインダーのうち一つ以上とを配設し、撮像機能を有することを特徴とする板状撮像ユニット。

【0121】62. 製作段階でリソグラフィプロセスを用いることを特徴とする、付記項58ないし付記項61のいずれかに記載の板状撮像ユニット。

【0122】63. 可変焦点光学素子を備えたことを特徴とする、付記項58ないし付記項62のいずれかに記載の板状撮像ユニット。

【0123】64. 前記透明基板が赤外カットフィルタ効果を有することを特徴とする、付記項58ないし付記項63のいずれかに記載の板状撮像ユニット。

【0124】65. 付記項58ないし付記項64のいずれかに記載の板状撮像ユニットを備えた撮像装置。

【0125】66. 付記項58ないし付記項64のいずれかに記載の板状撮像ユニットを備えた携帯情報端末装置。

【0126】67. 一枚の透明基板とその表面に形成された高分子分散液晶とからなることを特徴とする可変屈折率光学素子。

$$\sin \phi = \cos \alpha / n \quad \dots (5)$$

$$0.6 \times \{ (1 - \cot \alpha \cdot \cot (\alpha + \phi)) / \cot (\alpha + \phi) \} \times h \leq t \leq \{ (1 - \cot \alpha \cdot \cot (\alpha + \phi)) / \cot (\alpha + \phi) \} \times h + 5 (D/2 - h) \cdot \cot (\alpha + \phi) \quad \dots (8)$$

ただし、 $\phi$ は式(5)で定義される角、 $\alpha$ はDCCレンズの頂角の $1/2$ 、 $n$ はDCCレンズの屈折率、 $h$ は入射光束高、 $t$ はDCCレンズの中心厚、 $D$ はDCCレンズの直径である。

$$\sin \phi = \cos \alpha / n \quad \dots (5)$$

$$D \leq 3h + 5 \quad \dots (7)$$

$$0.6 \times \{ (1 - \cot \alpha \cdot \cot (\alpha + \phi)) / \cot (\alpha + \phi) \} \times h \leq t \leq \{ (1 - \cot \alpha \cdot \cot (\alpha + \phi)) / \cot (\alpha + \phi) \} \times h + 5 (D/2 - h) \cdot \cot (\alpha + \phi) \quad \dots (8)$$

ただし、 $\phi$ は式(5)で定義される角、 $\alpha$ はDCCレンズの頂角の $1/2$ 、 $n$ はDCCレンズの屈折率、 $h$ は入射光束高、 $t$ はDCCレンズの中心厚、 $D$ はDCCレンズの直径である。

$$1/f \approx (n-1)/R$$

ただし、 $R$ はDCCレンズを二つに分割した部材のうち凸レンズ作用をもつ曲面と一方の部材の断面の凸カーブの半径を、 $n$ は該部材の屈折率、 $f$ はこれにより省略できる集光レンズの焦点距離である。

【0138】79. 付記項73ないし付記項78のいづ

れ【0127】68. 一枚の透明基板とその表面に形成された高分子分散液晶とからなることを特徴とする可変焦点光学素子。

【0128】69. 一枚の透明基板とその表面に形成された高分子分散液晶とからなることを特徴とする可変焦点回折光学素子。

【0129】70. 液晶に対する高分子の重量比を25%以上にしたことを特徴とする、付記項67ないし付記項69のいずれかに記載の光学素子。

【0130】71. 前記透明基板が赤外カットフィルタ効果を有することを特徴とする、付記項67ないし付記項70のいずれかに記載の光学素子。

【0131】72. 付記項67ないし付記項71に記載の光学素子を備えた撮像装置。

【0132】73. 光線が透過する少なくとも一面が凹曲面で、側面が光線を反射する光学素子を少なくとも一つ備えたことを特徴とするライトガイド用光源光学系。

【0133】74. 一面が光線が透過する凹曲面で、側面が光線を反射する同形の光学素子二つを備えたことを特徴とするライトガイド用光源光学系。

【0134】75. 両端が光線が透過する凹曲面で、側面が光線を反射する光学素子を備えたことを特徴とするライトガイド用光源光学系。

【0135】76. 下記条件(5)、(8)を満たすことを特徴とする、付記項73ないし付記項75のいずれかに記載のライトガイド用光源光学系。

$$\dots (5)$$

$$\dots (8)$$

【0136】77. 下記条件(5)、(7)、(8)を満たすことを特徴とする、付記項73ないし付記項75のいずれかに記載のライトガイド用光源光学系。

$$\dots (5)$$

$$\dots (7)$$

$$\dots (8)$$

【0137】78. 光線射出面の断面形状が下記条件(9)を満たすことを特徴とする、付記項73ないし付記項75のいずれかに記載のライトガイド用光源光学系。

$$\dots (9)$$

れかに記載の光学系を備えた光源装置。

【0139】80. 基板上に球状レンズを精密に整列させる手段として自己集積現象を用いた球状レンズアレイの製作方法。

【0140】81. 基板上に球状レンズを精密に整列さ

せる手段として基板または球状レンズを振動させる球状レンズアレイの製作方法。

【0141】82. 球状レンズがガラスであることを特徴とする、付記項80または付記項81に記載の方法。

【0142】83. 球状レンズが樹脂であることを特徴とする、付記項80または付記項81に記載の方法。

【0143】84. 付記項80または付記項81に記載の方法によって製作したレンズアレイを備えた照明光学系。

【0144】85. 付記項80または付記項81に記載の方法によって製作したレンズアレイを備えた内視鏡用照明光学系。

【0145】86. 付記項80または付記項81に記載の方法によって製作したレンズアレイを備えた顕微鏡用照明光学系。

【0146】87. 付記項80または付記項81に記載の方法によって製作したレンズアレイを備えた液晶表示素子のバックライト照明光学系。

【0147】88. 付記項80または付記項81に記載の方法によって製作したレンズアレイを備えた撮像素子。

【0148】89. 付記項80または付記項81に記載の方法によって製作した球状レンズの基板への固定手段として、接着剤を用いて固定する方法。

【0149】90. 付記項80または付記項81に記載の方法によって製作した球状レンズの基板への固定手段として、別の基板を用いて前記球状レンズを挟むことにより固定する方法。

【0150】91. 付記項80または付記項81に記載の方法によって製作した球状レンズの基板への固定手段として、前記球状レンズまたは前記基板を加熱することにより固定する方法。

【0151】92. 付記項80または付記項81に記載の方法によって製作した球状レンズアレイ。

【0152】93. 付記項80または付記項81に記載の方法によって球状レンズアレイを製造する製造装置。

【0153】94. 一枚の透明基板の表面に少なくとも撮像素子と光学素子とを配設した板状撮像ユニット。

【0154】95. 一枚の透明基板の表面に、撮像素子と、少なくとも回折光学素子と曲面レンズと自由曲面のうちの一つ以上とを配設した板状撮像ユニット。

【0155】96. 一枚の透明基板の表面に、ファインダーと撮像素子と、少なくとも回折光学素子と曲面レンズと自由曲面のうちの一つ以上とを配設した板状撮像ユニット。

【0156】97. 一枚の透明基板の表面に、撮像素子と表示装置と、少なくとも回折光学素子と曲面レンズと自由曲面とファインダーのうちの一つ以上とを配設した板状撮像ユニット。

【0157】98. 制作段階でリソグラフィプロセス

を用いることを特徴とする、付記項94ないし付記項97のいずれかに記載の板状撮像ユニット。

【0158】99. 可変焦点光学素子を備えたことを特徴とする、付記項94ないし付記項98のいずれかに記載の板状撮像ユニット。

【0159】100. 前記透明基板が赤外カットフィルタ効果を有することを特徴とする、付記項94ないし付記項99のいずれかに記載の板状撮像ユニット。

【0160】101. 付記項94ないし付記項100のいずれかに記載の板状撮像ユニットを備えた撮像装置。

【0161】102. 付記項94ないし付記項100のいずれかに記載の板状撮像ユニットを備えた携帯情報端末装置。

【0162】

【発明の効果】以上に示したように、本発明によれば、小型でコストの安い撮像装置、観察装置等の光学装置あるいはそれらに用いられるユニット等の部品を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態を示す図である。

【図2】 本発明の第2実施形態を示す図である。

【図3】 図2の光学装置を上方から見たマイクロシャッター付近の拡大図である。

【図4】 本発明の第2実施形態に用いる絞りの変形例を示す図である。

【図5】 本発明の第2実施形態の変形例として、光学特性可変光学素子の一つである可変焦点ミラーの別の一例である液晶可変焦点レンズをミラーの前面に配置した液晶可変ミラーを用いた撮像装置の一例を示す図である。

【図6】 本発明の第3実施形態を示す図である。

【図7】 本発明の第3実施形態の撮像装置に用いるローパスフィルターの斜視図で、振じれ関係にある二つの平面よりなる確分割型のローパスフィルターを示す。

【図8】 本発明の第4実施形態を示す図である。

【図9】 本発明の第5実施形態を示す図である。

【図10】 本発明の第6実施形態を示す図である。

【図11】 本発明の第6実施形態の変形例を示す図である。

【図12】 本発明の第7実施形態を示す図である。

【図13】 本発明の第7実施形態の変形例として足付きレンズと透明基板と固体撮像素子とを組合せてなるシリンダ構成の撮像装置の一例を示す図である。

【図14】 本発明の第8実施形態を示す図である。

【図15】 本発明の実施形態に用いる可動レンズの他の例として静電レンズを示す図である。

【図16】 本発明の第9実施形態を示す図である。

【図17】 本発明の第9実施形態に用いる自走レンズの構成概要図である。

【図18】 本発明の第10実施形態を示す図である。

【図19】 本発明の第10実施形態に用いる自由曲面プリズムを上方からみた図である。

【図20】 本発明の第10実施形態に用いる自由曲面プリズムを物体側からみた図である。

【図21】 本発明の第11実施形態を示す図である。

【図22】 デジタルカメラの従来例を示す図である。

【図23】 本発明の第12実施形態を示す図である。

【図24】 本発明の第13実施形態を示す図である。

【図25】 本発明の第13実施形態のファインダ部の断面図である。

【図26】 本発明の第14実施形態を示す図である。

【図27】 本発明の第14実施形態に用いる光学素子を示す図である。

【図28】 電圧を加えたときの液晶分子の状態を示す図である。

【図29】 光学素子の変形例を示す図である。

【図30】 本発明の第15実施形態を示す図である。

【図31】 本発明の第15実施形態に用いる可変焦点フレネルミラーを示す図である。

【図32】 可変焦点DOEの応用例を示す図である。

【図33】 撮像装置の従来例を示す図である。

【図34】 ライトガイド用の光源光学系の従来例を示す図である。

【図35】 従来例において入射角と入射光強度との関係を示す図である。

【図36】 光源光学系の第1の例を示す図である。

【図37】 第1の例において入射角と入射光強度との関係を示す図である。

【図38】 DCCレンズの変形例を示す図である。

【図39】 DCCレンズの設計例を説明するための図である。

【図40】 DCCレンズの効果をj示す図である。

【図41】 光源光学系の第2の例を示す図である。

【図42】 ライトガイドの先端部の従来例を示す図である。

【図43】 ライトガイドの先端部に球状レンズアレイをjけた例を示す図である。

【図44】 球状レンズが稠密に並んだ状態を示す図である。

【図45】 微小レンズを基板上にj整列させる方法の第1の例を示す図である。

【図46】 微小レンズを基板上にj整列させる方法の第2の例を示す図である。

【図47】 球状レンズアレイを2層にした例を示す図である。

【図48】 各種の光源装置の配光特性を比較する図である。

【図49】 球状レンズアレイの応用例を示す図である。

【図50】 球状レンズアレイの別の応用例を示す図である。

ある。

【図51】 基板上にj整列した微小粒子を固定する方法を示す図である。

【図52】 基板上にj整列した微小粒子を固定する別の方法を示す図である。

【図53】 基板上にj整列した微小粒子を固定するさらに別の方法を示す図である。

【図54】 本発明の第3実施形態に用いる光学素子の別のj変形例を示す図である。

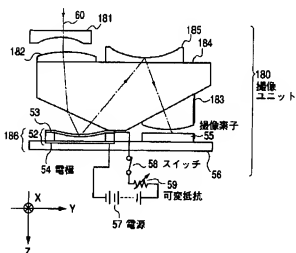
【符号の説明】

- 1 固体撮像素子
- 2 レンズ系
- 3、18、198 透明基板
- 4、6 自由曲面
- 5 回折光学素子(DOE)
- 7、14 板状撮像ユニット
- 7' 光
- 8 TFT液晶ディスプレイ
- 9、203 IC
- 10 マイクロプロセッサ
- 11 ファインダ
- 12、100 凹レンズ
- 13 凸レンズ
- 15 光学素子
- 16 高分子分散液晶
- 17 可変焦点DOE
- 19 透過電極
- 20 液晶分子
- 21 曲面
- 22 可変焦点フレネルミラー
- 23 反射面
- 24、58 スイッチ
- 25 可変抵抗
- 26 フレネル面
- 31、104 ライトガイド
- 32 非球面レンズ
- 33 ランプ
- 34 DCCレンズ
- 34' 側面
- 35 集光レンズ
- a、b 光線
- 36、37、38 部材
- 36' 入射面
- 38' 凸カーブ
- 52 可変焦点ミラー
- 53 薄膜
- 54、193、193a、193b、219b、221、222、256電極
- 55 固体撮像素子、CCD
- 56、102、240 基板

57、196 電源  
 59 可変抵抗器  
 60 物体からの光  
 101 球状レンズ  
 103 球状レンズアレ  
 105 液体  
 109 バックライト  
 110 液晶表示素子  
 111 撮像素子  
 112 基材  
 113 接着剤  
 170、232、234 デジタルカメラ  
 171、181、182、183、200、200b、  
 208、210、211、212、218 レンズ  
 173、197 絞り  
 174 シャッター  
 175 レンズフォーカシング用ソレノイド  
 180 電子撮像ユニット  
 184 プリズム  
 185、190、218B、225 ミラー  
 186、243、244、245 板状ユニット  
 187 シリコン基板  
 188 マイクロシャッター  
 189、230 自由曲面プリズム  
 191 固定電極

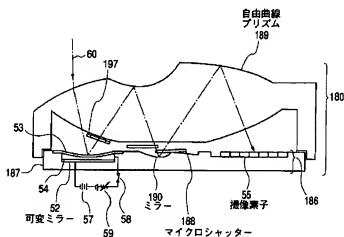
192 遮光板  
 199 反射型LCD  
 201 ローパスフィルタ  
 202 透明な板状ユニット  
 204、207、217、228、246、253  
 撮像装置  
 205 曲面状の樹脂薄膜  
 209 ディスプレー  
 214 斜線部  
 216 足付きレンズ  
 216B 足付きミラー  
 219、247、248 足  
 220 静電レンズ  
 223 ダンパー  
 226 可動ミラー  
 227 自走レンズ  
 231 撮像ユニット  
 233 干涉膜  
 241 低品質のシリコン等からなる基板  
 242 高品質のシリコンからなる基板  
 249 液晶シャッター  
 252 液晶可変ミラー  
 254 透明電極  
 255 フレネルレンズ状の基板  
 257 ツイストネマチック液晶

【図1】

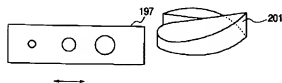


【図4】

【図2】

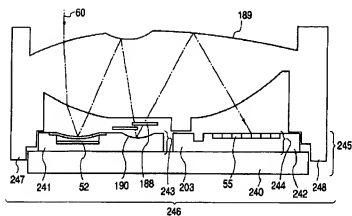


【図7】

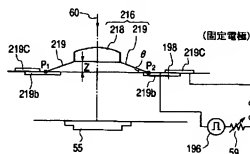




【図9】

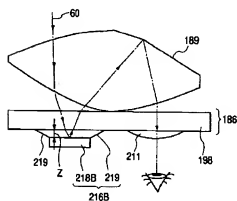


【図13】

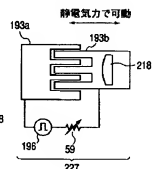
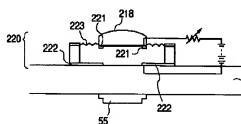


【図17】

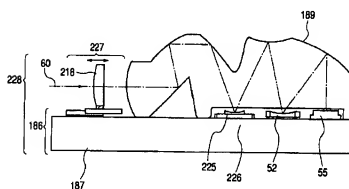
【図14】



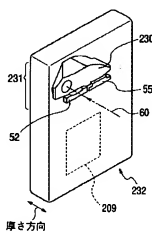
【図15】



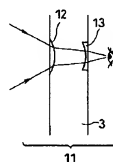
【図16】



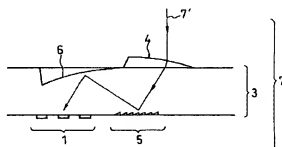
【図18】



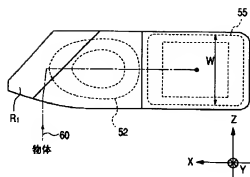
【図25】



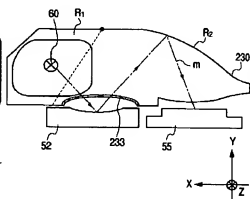
【図23】



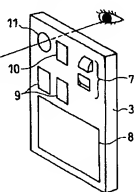
【図19】



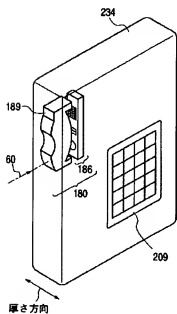
【図20】



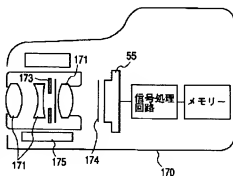
【図24】



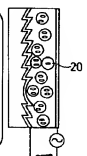
【図21】



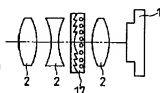
【図22】



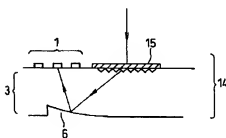
【図28】



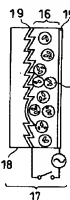
【図32】



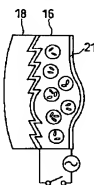
【図26】



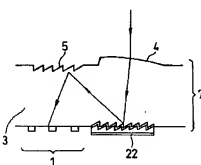
【図27】



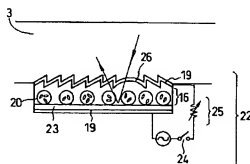
【図29】



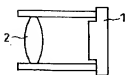
【図30】



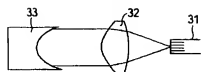
【図31】



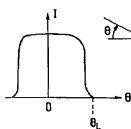
【図33】



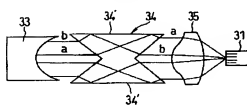
【圖34】



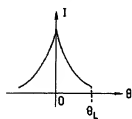
【圖35】



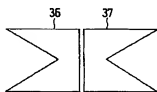
【圖36】



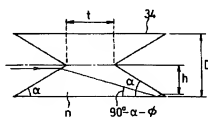
【圖37】



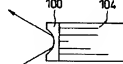
【圖38】



【圖39】



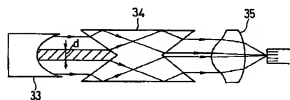
【圖42】



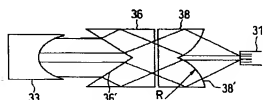
【圖44】



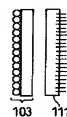
【圖40】



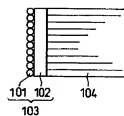
【圖41】



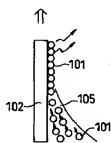
【圖50】



【圖43】



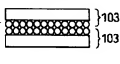
【圖45】



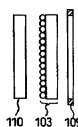
【圖46】



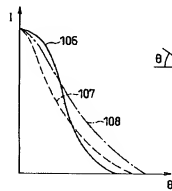
【圖47】



【圖49】



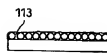
【圖48】



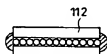
【圖53】



【圖51】



【圖52】



【図54】

